

22.11.2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 9 月 1 0 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 2 6 4 1 9 6
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 4 - 2 6 4 1 9 6]

出 願 人 住 友 電 気 工 業 株 式 会 社
Applicant(s):

REC'D 09 DEC 2004

WIPO

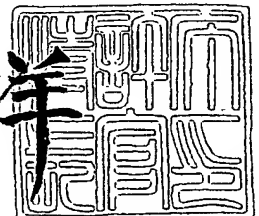
PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 0 月 1 3 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 9 1 8 1 0

【書類名】 特許願
【整理番号】 104I0358
【提出日】 平成16年 9月10日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 3/00
G02B 5/18

【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内
【氏名】 後 利彦

【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内
【氏名】 織田 一彦

【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内
【氏名】 松浦 尚

【発明者】
【住所又は居所】 大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内
【氏名】 大久保 総一郎

【特許出願人】
【識別番号】 000002130
【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】
【識別番号】 100064746
【弁理士】
【氏名又は名称】 深見 久郎

【選任した代理人】
【識別番号】 100085132
【弁理士】
【氏名又は名称】 森田 俊雄

【選任した代理人】
【識別番号】 100083703
【弁理士】
【氏名又は名称】 仲村 義平

【選任した代理人】
【識別番号】 100096781
【弁理士】
【氏名又は名称】 堀井 豊

【選任した代理人】
【識別番号】 100098316
【弁理士】
【氏名又は名称】 野田 久登

【選任した代理人】
【識別番号】 100109162
【弁理士】
【氏名又は名称】 酒井 將行

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2003-422354

【出願日】 平成15年12月19日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008693

【納付金額】 16,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 特許請求の範囲 1

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9908053

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項1】**

マイクロレンズであって、前記マイクロレンズは透光性DLC膜を用いて形成されており、前記DLC膜は屈折率が変調させられた領域を含み、前記屈折率が変調させられた領域を光束が通過するときに集光作用を生じることの特徴とする平板型マイクロレンズ。

【請求項2】

前記DLC膜の一主面側において相対的に高い屈折率を有する屈折型レンズ領域が形成されており、前記レンズ領域は前記一主面と概略球面の一部に相当する界面とに囲まれた凸レンズの形状を有していることを特徴とする請求項1に記載の平板型マイクロレンズ。

【請求項3】

前記DLC膜の一主面側において各前記マイクロレンズに対応して相対的に高い屈折率を有する屈折型レンズ領域が形成されており、前記レンズ領域は前記一主面とその主面に対して平行な中心軸を有する概略円柱面の一部に相当する界面とに囲まれた柱状凸レンズの形状を有していることを特徴とする請求項1に記載の平板型マイクロレンズ。

【請求項4】

前記DLC膜には各前記マイクロレンズに対応して相対的に高い屈折率を有する屈折型レンズ領域が形成されており、前記レンズ領域は前記DLC膜を貫通する概略円柱形状を有していて、前記円柱形状の中心軸は前記DLC膜に直交していてその中心軸に近いほど屈折率が高められていることを特徴とする請求項1に記載の平板型マイクロレンズ。

【請求項5】

前記DLC膜には各前記マイクロレンズに対応して相対的に高い屈折率を有する屈折型レンズ領域が形成されており、前記レンズ領域は前記DLC膜を貫通する帯状領域であって、前記帯状領域の幅方向の中央を通りかつ前記DLC膜に直交する面に近いほど屈折率が高められていることを特徴とする請求項1に記載の平板型マイクロレンズ。

【請求項6】

前記DLC膜は同心円状の複数の帯状リング領域を含み、それらの帯状リング領域は回折格子として作用するように屈折率が相対的に変調されており、前記帯状リング領域の幅は前記同心円の中心から遠いリング領域ほど狭められていることを特徴とする請求項1に記載の平板型マイクロレンズ。

【請求項7】

前記DLC膜は同心円状のm個のリングゾーンを含み、前記リングゾーンの各々はn個の前記帯状リング領域を含み、前記リングゾーンの各々において内側の帯状リング領域は外側の帯状リング領域に比べて高い屈折率を有し、前記リングゾーンのそれぞれにおいて互いに対応する帯状リング領域は互いに同じ屈折率を有していることを特徴とする請求項6に記載の平板型マイクロレンズ。

【請求項8】

前記DLC膜は互いに平行な複数の帯状領域を含み、それらの帯状領域は回折格子として作用するように屈折率が相対的に変調されており、前記帯状領域の幅は所定の帯状領域から遠い帯状領域ほど狭められていることを特徴とする請求項1に記載の平板型マイクロレンズ。

【請求項9】

前記DLC膜は互いに平行なm個の帯ゾーンを含み、前記帯ゾーンの各々はn個の前記帯状領域を含み、前記帯ゾーンの各々において前記所定の帯状領域に近い帯状領域は遠い帯状領域に比べて高い屈折率を有し、前記帯ゾーンのそれぞれにおいて互いに対応する帯状領域は互いに同じ屈折率を有していることを特徴とする請求項8に記載の平板型マイクロレンズ。

【請求項10】

前記マイクロレンズは0.4 μm から2.0 μm の範囲内の波長を含む光に対してレンズ作用を発揮し得ることを特徴とする請求項1から9のいずれかに記載の平板型マイクロレンズ。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 のいずれかに記載された平板型マイクロレンズを製造するための方法であって、前記 DLC 膜はプラズマ CVD で形成されることを特徴とする製造方法。

【請求項 12】

前記 DLC 膜中において相対的に高い屈折率を有する領域は、その DLC 膜にエネルギービームを照射して屈折率を高めることによって形成されることを特徴とする請求項 11 に記載の製造方法。

【請求項 13】

前記エネルギービーム照射として、紫外線照射、X線照射、シンクロトロン放射光照射、イオンビーム照射、および電子線照射の少なくともいずれかが選択されることを特徴とする請求項 12 に記載の製造方法。

【請求項 14】

一つの DLC 膜中にアレイ状に配列された複数のマイクロレンズを同時のエネルギービーム照射によって形成することを特徴とする請求項 12 または 13 に記載の製造方法。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 平板型マイクロレンズとその製造方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、種々の光学分野で利用され得る平板型マイクロレンズとその製造方法の改善に関するものである。

【背景技術】

【0002】

平板型マイクロレンズは、種々の光学分野において利用され得る。例えば、光通信分野において、LD（レーザダイオード）と光ファイバとの間の光結合のための集光レンズとして好ましく用いられ得る。また、プロジェクタ中の集光用レンズアレイとして、平板型マイクロレンズアレイが好ましく用いられ得る。

【0003】

図5（a）は従来の平板型マイクロレンズアレイの一例を模式的な一部破断斜視図で示しており、図5（b）は図5（a）のレンズアレイの光学的機能を模式的な断面図で図解している（非特許文献1参照）。この平板型マイクロレンズアレイ1は、均質な薄板ガラス1aの一方の主面に沿って、アレイ状に配列された複数の高屈折率領域1bを含んでいる。それらの高屈折率領域1bの各々は、薄板ガラス1a内において概略半球状の形状（例えば、 $200\mu\text{m}$ 径で、深さが $80\mu\text{m}$ ）を有している。したがって、図5（b）に図解されているように、各高屈折率領域1bは一つの小さな凸レンズとして作用し、そこに入射する平行光2は焦点Fに集光される。

【0004】

図6（a）から（c）は、図5の平板型マイクロレンズアレイの作製方法の一例を模式的な断面図で図解している。図6（a）において、ガラス基板1a上にアレイ状に配列された小孔3aを有する金属レジスト層3が、フォトリソグラフィとエッチングによって形成される。図6（b）において、周知のイオン交換法によって、すなわち対向する複数の矢印4によって表されているようなイオン交換によって、レジスト層3の小孔3aを介して高屈折率領域1bが形成される。このとき、イオン交換はイオンの等方的熱拡散によって進行するので、高屈折率領域1bは、ガラス基板1a内において自然に概略半球状に形成される。もちろん、金属レジスト層3は、熱拡散温度に耐える耐熱性を有するとともに、イオンの通過を阻止する機能を有していなければならない。そして、図6（c）において、レジスト層3が除去されて、平板型マイクロレンズアレイ1が得られる。

【0005】

なお、このようなマイクロレンズは光の屈折現象を利用しており、屈折型マイクロレンズである。また、このように透光性基板内に屈折率分布を有するレンズは、GRIN（Graded Index）レンズと呼ばれることもある。

【0006】

ところで、従来からマイクロレンズとして屈折型マイクロレンズがおもに用いられているが、近年では光学システムのサイズ、重量、コストなどを低減させる観点から、回折型のマイクロレンズが注目されている。回折型マイクロレンズは、光の回折現象を利用してレンズ機能を生じさせるものである。回折型マイクロレンズは、主としてレリーフ型（または膜厚変調型）マイクロレンズと屈折率変調型マイクロレンズに大別される。レリーフ型マイクロレンズでは、典型的には透光性基板の表面に同心円状の複数の微細なリング状溝が形成されており、それらの溝の深さ（すなわち基板の厚さ）が周期的に変化させられた構造を有している。他方屈折率変調型マイクロレンズは、典型的には平板状基板が同心円状の複数の微細な帯状リング領域に分けられており、それらの領域の屈折率が周期的に変化させられた構造を有している。

【0007】

透光性基板の厚さの周期的変化や屈折率の周期的変化は、その基板を通過する光の位相を周期的に変化させ、回折格子と同様に光の回折効果を生じさせる。そして、回折格子の

格子ピッチが小さくなるにしたがって、回折格子を通過する光の回折角が大きくなる。したがって、同心円の中心から周縁に至るにしたがって同心円状回折格子のピッチを減少させることによって、その回折格子を通過する光を凸レンズのように集光することができる。

【0008】

図7は、従来のレリーフ型マイクロレンズの作製方法の一例を模式的な断面図で図解している。また、図8は、図7の作製方法において用いられる露光マスクを模式的な平面図で示している。

【0009】

図7(a)において、Si基板11上にポジ型フォトリソレジスト層12を形成し、第1のフォトリソマスク13を介して紫外光14aが照射される。この第1のフォトリソマスク13は、図8(a)に示されているような同心円状の帯状リングパターンを有し、リング間のピッチは同心円の中心から周縁に向かうにつれて減少させられている。なお、図8(a)においては図面の明瞭化と簡略化のためにわずかに2つの透光リングが示されているが、実際にはさらに多くのリングが含まれ得ることは言うまでもない。

【0010】

図7(b)において、露光されたレジスト層12を現像して第1のレジストパターン12aが形成される。そして、その第1レジストパターン12aをマスクとして、矢印14bで表された反応性イオンエッチング(RIE)によって、所定深さの帯状溝リングが形成される。

【0011】

図7(c)において、第1レジストパターン12aを除去することによって、バイナリレベル(光の位相を2段階に変調)のレリーフ型マイクロレンズ11aが得られる。なお、帯状溝リングの幅と深さは、2レベルまたは多レベルのレリーフ型マイクロレンズのそれぞれに応じて最も良好な回折効率を得られるように設定される。

【0012】

図7(d)から(f)は、図7(a)から(c)と同様な工程に続いて4レベルのレリーフ型マイクロレンズを作製する工程を図解している。

【0013】

図7(d)において、図7(c)までと同様の工程で形成されたSi基板11aの上面にさらに第2のレジスト層15を形成し、第2のマスク16を介して紫外光14cを照射する。図8(b)は、この第2マスク16を模式的な平面図で示している。図8(a)と(b)から分かるように、第2マスク16は第1マスク13に比べて2倍の本数の帯状透光リングを有している。換言すれば、第2マスクの帯状透光リングおよび帯状不透光リングは、第1マスクの帯状透光リングおよび帯状不透光リングに比べて約1/2の幅を有している。

【0014】

図7(e)において、露光された第2レジスト層15を現像して同図に示されているような第2のレジストパターン15aが形成される。そして、その第2レジストパターン15aをマスクとして、矢印14dで表されているRIEによって、さらに所定深さまでのエッチングが行われる。

【0015】

図7(f)において、第2レジストパターン15aを除去して、4レベルの位相変化を生じ得るレリーフ型マイクロレンズ11bが得られる。なお、2レベルの回折型レンズに比べて、多レベルの回折型レンズでは高い回折効率を得られ、より高い集光効率を得られる。また、上述のようなフォトリソグラフィとRIEの工程をN回繰り返すことによって、 2^N レベルのレリーフ型マイクロレンズを作製することができる。ただし、理論上は無制限数レベルの回折レンズで100%の回折効率を得られることになるが、作製工程数と費用が増大するので、実際上は95%の回折効率を得られる8レベルの回折型レンズで十分であろう(上述の工程をN=3回繰り返すことで作製可能)。

【非特許文献1】「マイクロレンズ（アレイ）の超精密加工と量産化技術」技術情報協会出版、2003年4月28日、第20-21頁、および第71-81頁

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

図6に図解されているようにガラス基板内のイオン交換によって形成される屈折型マイクロレンズアレイにおいては、そのイオン交換によって高められ得る屈折率変化 Δn は約0.17程度に過ぎない。したがって、そのような比較的小さな屈折率差に起因して、短い焦点距離のレンズを作製することが困難である。また、イオンの交換領域1bは等方的熱拡散によって形成されるので、そのレンズ領域1bは必ず概略半球状に形成され、レンズ厚さを変更して焦点距離を調節することも困難である。

【0017】

回折型マイクロレンズに関しては、レリーフ型マイクロレンズでは、透光性基板にエッチングで溝を彫らなければならないので、その基板はそれなりの厚さを要する。また、エッチングによって彫る溝の深さを正確に調節することが容易ではない。さらに、レリーフ型マイクロレンズはその表面に微細な凹凸を有するので、埃や汚れが付着しやすいという問題もある。

【0018】

他方、回折型マイクロレンズを屈折率変調型マイクロレンズとして作製することは困難である。なぜならば、前述のようにガラス板のイオン交換によって得られる屈折率変化は最大でも $\Delta n = 0.17$ 程度であって、効果的な屈折率変調型回折格子を形成することが困難だからである。また、例えば石英系ガラスに紫外光のようなエネルギービームを照射することによっても屈折率を高め得ることが知られているが、その場合の屈折率変化はイオン交換の場合に比べてさらに小さい（ $\Delta n = 0.01$ 以下程度）。

【0019】

上述のような先行技術によるマイクロレンズにおける状況に鑑み、本発明は、機械的かつ熱的に安定で種々の光学分野で利用可能な平板型マイクロレンズを簡便かつ低コストで提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0020】

本発明によれば、マイクロレンズは透光性DLC（diamond-like carbon:ダイヤモンド状カーボン）膜を用いて形成されており、そのDLC膜は屈折率を変調させられた領域を含み、その屈折率があ変調させられた領域を光束が通過するときに集光作用を生じることの特徴としている。

【0021】

なお、そのマイクロレンズは屈折型マイクロレンズであり得て、その場合には、DLC膜の一主面側において相対的に高い屈折率を有する屈折型レンズ領域が形成されており、そのレンズ領域はDLC膜のその一主面と概略球面の一部に相当する界面とに囲まれた凸レンズの形状を有するか、またはその一主面とその主面に対して平行な中心軸を有する概略円柱面の一部に相当する界面とに囲まれた柱状凸レンズの形状を有していてもよい。

【0022】

また、レンズ領域はDLC膜を貫通する概略円柱形状を有していてもよく、この場合には、円柱形状の中心軸はDLC膜に直交していてその中心軸に近いほど屈折率が高められている。さらに、レンズ領域はDLC膜を貫通する帯状領域であってもよく、この場合には、その帯状領域の幅方向の中央を通りかつDLC膜に直交する面に近いほど屈折率が高められている。

【0023】

さらに、本発明のマイクロレンズは回折型マイクロレンズでもあり得て、その場合には、DLC膜は同心円状の複数の帯状リング領域を含むことができ、それらの帯状リング領域は回折格子として作用するように屈折率が相対的に変調されており、それらの帯状リン

グ領域の幅は同心円の中心から遠い帯状リング領域ほど狭められている。

【0024】

同心円状の複数の帯状リング領域を含む回折型マイクロレンズにおいて、DLC膜は同心円状のm個のリングゾーンを含むことができ、それらのリングゾーンの各々はn個の帯状リング領域を含み、リングゾーンの各々において内側の帯状リング領域は外側の帯状リング領域に比べて高い屈折率を有し、リングゾーンのそれぞれにおいて互いに対応する帯状リング領域は互いに同じ屈折率を有していることが好ましい。

【0025】

また、本発明の回折型マイクロレンズにおいて、DLC膜は互いに平行な複数の帯状領域を含むこともでき、それらの帯状領域は回折格子として作用するように屈折率が相対的に変調されており、それら帯状領域の幅は所定の帯状領域から遠い帯状領域ほど狭められている。

【0026】

互いに平行な複数の帯状領域を含む回折型マイクロレンズにおいて、DLC膜は互いに平行なm個の帯ゾーンを含むことができ、それらの帯ゾーンの各々はn個の帯状領域を含み、帯ゾーンの各々において所定の帯状領域に近い帯状領域は遠い帯状領域に比べて高い屈折率を有し、帯ゾーンのそれぞれにおいて互いに対応する帯状領域は互いに同じ屈折率を有していることが好ましい。

【0027】

上述のような本発明によるマイクロレンズは、 $0.4\mu\text{m}$ から $2.0\mu\text{m}$ の範囲内の波長を含む光に対してレンズ作用を発揮し得る。したがって、本発明によるマイクロレンズは、光通信分野やプロジェクタのように広い光学分野で利用可能である。

【0028】

本発明によるマイクロレンズを作製する場合に、DLC膜はプラズマCVD（化学気相堆積）で形成されることが好ましい。このプラズマCVDによれば、比較的低温において、シリコン基板、ガラス基板、ポリマ基板、その他の種々の基体上に透光性DLC膜を形成することができる。

【0029】

DLC膜中において相対的に高い屈折率を有する領域は、そのDLC膜にエネルギービームを照射して屈折率を高めることによって簡便に形成され得る。そして、そのエネルギービーム照射として、紫外線（UV）、X線、シンクロトロン放射（SR）光、イオンビーム、電子ビームなどを用いることができる。また、一つのDLC膜中にアレイ状に配列された複数のマイクロレンズが、同時のエネルギービーム照射によって簡便に形成され得る。

【発明の効果】

【0030】

本発明によれば、機械的かつ熱的に安定で種々の光学分野で利用可能な平板型マイクロレンズを簡便かつ低コストで提供することができる。また、本発明による回折型マイクロレンズは屈折率変調型であって、従来のレリーフ型マイクロレンズと異なって平坦な表面を有しているので、反射防止コーティングを容易に形成することができ、また埃などがつきにくくてレンズ機能の低下が防止され得る。さらに、DLC膜は種々の基体表面上に形成し得るので、本発明のマイクロレンズは他の光学部品と一体形成することが可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

まず、本願発明をなすに際して、本発明者らは、透光性DLC（diamond like carbon:ダイヤモンド状カーボン）膜にエネルギービームを照射することによってその屈折率を高めることができることを確認している。そのようなDLC膜は、シリコン基板、ガラス基板、その他の種々の基体上にプラズマCVD（化学気相堆積）によって形成することができる。そのようなプラズマCVDによって得られる透光性DLC膜は、通常は1.55程度の屈折率を有している。

【0032】

DLC膜の屈折率を高めるためのエネルギービームとしては、紫外線(UV)、X線、シンクロトロン放射(SR)光、イオンビーム、電子ビームなどを用いることができる。なお、SR光は、一般に紫外光からX線までの広い波長範囲の電磁波を含んでいる。

【0033】

たとえば、Heイオンを800keVの加速電圧の下で $5 \times 10^{17} / \text{cm}^2$ のドーズ量で注入することによって、屈折率変化量を $\Delta n = 0.65$ 程度まで高めることができる。なお、H、Li、B、Cなどのイオンの注入によっても、同様に屈折率を高めることができる。また、0.1~130nmのスペクトルを有するSR光を照射することによっても、屈折率変化量を最大で $\Delta n = 0.65$ 程度まで高めることができる。さらに、UV光照射では、たとえば波長248nmのKrFエキシマレーザ光をパルス当たり160mW/mm²の照射密度にて100Hzの周期でパルス照射すれば、屈折率変化量を $\Delta n = 0.22$ 程度まで高めることができる。なお、ArF(193nm)、XeCl(308nm)、XeF(351nm)などのエキシマレーザ光やArレーザ光(488nm)の照射によっても、同様に屈折率を高めることができる。これらのDLC膜のエネルギービーム照射による屈折率変化量は、従来のガラスのイオン交換による屈折率変化量(最大でも $\Delta n = 0.17$)または石英系ガラスのUV光照射による屈折率変化量($\Delta n = 0.01$ 以下程度)に比べて顕著に大きいことが分かる。

【0034】

図1において、本発明の一実施形態による屈折型マイクロレンズアレイの作製方法が、模式的な断面図で図解されている。

【0035】

図1(a)において、DLC膜21上にマスク層22が形成されている。マスク層22としては、エネルギービーム23の透過を制限し得る機能を有する種々の材料を用いることができる。たとえば、マスク層に対するエネルギービームの透過量の設計に応じて最適化されるように、金、クロム、ニッケル、アルミ、タングステンなどから選択することができる。このマスク層22はアレイ状に配列された微小な凹部22aを有している。それらの凹部22aの各々は、概略球面の一部または概略円柱面(この円柱面の中心軸は図の紙面に直交)の一部からなる底面を有している。それらの凹部22aのアレイを含むマスク層22を介して、エネルギービーム23がDLC膜21に照射される。

【0036】

図1(b)において、エネルギービーム23の照射後にマスク層22を除去することによって、DLC膜21中に形成されたマイクロレンズアレイ21aが得られる。すなわち、エネルギービーム23の照射によって、マスク層22の凹部22aのアレイに対応して、DLC膜21内において高屈折率領域21aのアレイが形成されている。このとき、マスク層22の凹部22aは球面状または円柱面状の底面を有しているため、凹部21aの中央から周縁に向かうにしたがってマスク層の厚さが増大している。すなわち、エネルギービーム23は、凹部22aの周縁部に比べて中央部において透過しやすいことになる。したがって、高屈折率領域21aの深さは、その中央部において深くて周縁部において浅い球面状凸レンズまたは円柱面状凸レンズの形状を有している。その結果、それらの高屈折率領域21aの各々が、そのまま一つのマイクロレンズとして作用し得る。

【0037】

なお、図1に示されているようなエネルギービーム23によってマイクロレンズアレイを作製する場合、概略球面状または概略円柱面状の凹部22aの深さを調節することによって、マイクロレンズ21aの厚さを調節することができ、すなわちその焦点距離を調節することができる。また、凹部22aの深さを変化させなくても、照射するエネルギービーム23の透過能を変化させることによってもマイクロレンズ21aの焦点距離を調節することができる。たとえば、エネルギービーム23としてHeイオンビームを用いる場合、そのイオンの加速エネルギーを高めて透過能を高めることによって、マイクロレンズ21aの焦点距離を短くすることができる。また、DLC膜に対するエネルギービーム23のドーズ量

が高いほど屈折率変化 Δn が大きくなるので、そのドース量を調節することによってもマイクロレンズ21aの焦点距離を調節することも可能である。

【0038】

図1(c)は、他の形態のマイクロレンズアレイを模式的な断面図で示している。このマイクロレンズ21bは、DLC膜21を貫通する円柱状または帯状領域を有している。マイクロレンズ21bが円柱状である場合、その中心軸21cはDLC膜21の厚さ方向に平行であり、中心軸21cに近いほど屈折率が高くされている。マイクロレンズ21bが帯状である場合、その幅方向の中心を通る中心面(図の紙面に直交)21cはDLC膜21の厚さ方向に平行であり、中心面21cに近いほど屈折率が高くされている。

【0039】

図1(c)のマイクロレンズアレイも、図1(a)に類似の方法によって形成され得る。すなわち、マスク層22の薄い領域およびDLC膜21を貫通し得る高いエネルギーのビーム23を照射することによって、中心線または中心面21cに近い領域ほど高いドース量でそのエネルギービームが照射されることによって屈折率がより高められることになる。

【0040】

図1(a)に示されているような概略球面状または概略円柱面状の底面を有する凹部22aを含むマスク層22は、種々の方法によって作製することができる。たとえば、DLC膜21上に均一な厚さのマスク層22を形成し、その上にアレイ状に配列された微小な穴または平行に配列された線状の開口を有するレジスト層を形成する。そして、そのレジスト層の微小な穴または線状の開口から等方的エッチングを行うことによって、その微小な穴の下のマスク層22内に概略半球状または概略半円柱状の凹部22aを形成することができる。

【0041】

図1(a)に示されているような概略球面状または概略円柱面状の底面を有する凹部22aを含むマスク層22は、図2の模式的な断面図に図解されているような方法で作製され得る刻印型を用いて簡便に作製することもできる。

【0042】

図2(a)において、例えばシリカの基板31上にレジストパターン32が形成される。このレジストパターン32は、基板31上でアレイ状に配列された複数の微小な円形領域上または平行に配列された複数の細い帯状領域上に形成されている。

【0043】

図2(b)において、レジストパターン32が加熱溶融させられ、各微小円形領域上または細い帯状領域上で溶融したレジスト32は、その表面張力によって概略球面状または概略円柱面状の凸レンズ形状になる。

【0044】

図2(c)において、概略凸レンズ状のレジスト32bとともにシリカ基板31aをRIEすれば、レジスト32bの径または幅がRIEで縮小しながらシリカ基板31aがエッチングされる。

【0045】

その結果、図2(d)に示されているように、概略球面状または概略円柱面状の凸部31bが配列されたシリカの刻印型31cが最終的に得られる。なお、凸部31bの高さは、図2(c)におけるレジスト32bのエッチング速度とシリカ基板31aのエッチング速度との比率を調節することによって調節することができる。

【0046】

こうして得られた刻印型31cは、図1(a)に示されているような凹部22aを含むマスク層22の作製に好ましく用いられ得る。すなわち、例えばマスク層22が金属材料で形成されている場合、金は展延性に富んでいるので、その金マスク層22に刻印型31cで刻印することによって、簡便に凹部22aを形成することができる。また、刻印型31cは一度作製すれば繰り返し使用可能であるので、エッチングによってマスク層22中の凹部22aを形成する場合に比べて遥かに簡便かつ低コストで凹部22aを形成すること

を可能にする。

【0047】

なお、本発明におけるようにDLC膜を用いた屈折型マイクロレンズアレイは、従来のガラス基板を用いる場合にくらべて、エネルギービーム照射によって高屈折率のレンズを形成することができるので、ガラス基板に比べて遥かに薄いDLC膜中に屈折型マイクロレンズアレイを形成することができる。しかし、DLC膜を用いた屈折型マイクロレンズであっても、次に述べる回折型マイクロレンズに比べれば厚いDLC膜を要し、 $10\mu\text{m}$ から $20\mu\text{m}$ 程度以上の厚さを要する。

【0048】

図3(a)の模式的な平面図と図3(b)の模式的な断面図において、本発明の他の実施形態による回折型マイクロレンズが図解されている。回折型マイクロレンズは屈折型マイクロレンズに比べて薄く作製することが可能であり、 $1\sim 2\mu\text{m}$ 程度の厚さのDLC薄膜中に回折型マイクロレンズを作製することができる。すなわち、この回折型マイクロレンズ40も、DLC膜41を用いて作製されており、同心円状の複数の帯状リング領域 R_{mn} を含んでいる。ここで、符号 R_{mn} は、第 m 番目のリングゾーン中の第 n 番目の帯状リング領域を表すとともに、同心円の中心からその帯状リング領域の外周までの半径をも表すものとする。それらの帯状リング領域 R_{mn} は、同心円の中心から遠いものほど、減少させられた幅を有している。

【0049】

互いに隣接する帯状リング領域 R_{mn} は、互いに異なる屈折率を有している。図3の回折型マイクロレンズは、それが2レベルの回折型レンズである場合には、 $n=2$ 番目までの帯状リング領域を含むリングゾーンを $m=3$ 番目まで含んでいることになる。そして、同じリングゾーン中では、外側に比べて内側の帯状リング領域の方が高い屈折率を有している。

【0050】

このことから類推されるであろうように、4レベルの回折型レンズでは、一つのリングゾーンが $n=4$ 番目までの帯状リング領域を含み、この場合にも同じリングゾーン中では同心円の中心に近い帯状リング領域ほど高い屈折率を有している。すなわち、一つのリングゾーン中で内周側から外周側に向かって4段階の屈折率変化が形成されている。そして、そのような4段階の屈折率変化の周期がリングゾーンごとに m 回繰り返されることになる。

【0051】

なお、帯状リング領域 R_{mn} の外周半径は、スカラー近似を含む回折理論から次式(1)にしたがって設定することができる。この式(1)において、 L はレンズの回折レベルを表し、 λ は光の波長を表し、そして f はレンズの焦点距離を表している。また、最大の屈折率変化量 Δn は、最大の位相変調振幅 $\Delta\phi = 2\pi(L-1)/L$ を生じさせ得るものでなければならない。

【0052】

【数1】

$$R_{mn} = \sqrt{\frac{2mnf\lambda}{L} + \left(\frac{mn\lambda}{L}\right)^2} \quad (1)$$

【0053】

図4の模式的な断面図において、図3に示されているような2レベルの回折型マイクロレンズの作製方法の一例が図解されている。

【0054】

図4(a)において、DLC膜41上に、例えばNiの導電層42が周知のEB(電子ビーム)蒸着法によって形成される。このNi導電層42上には図3中の $n=1$ に対応す

る帯状リング領域 R_{mn} ($m=1\sim 3$) を覆うようにレジストパターン 43 が形成される。そのレジストパターン 43 の開口部に、電気めっきによって金マスク 44 が形成される。

【0055】

図 4 (b) において、レジストパターン 43 が除去されて、金マスク 44 が残される。そして、その金マスク 44 の開口部を通して、エネルギービーム 45 が DLC 膜 41 に照射される。その結果、エネルギービーム 45 に照射された帯状リング領域 R_{m1} の屈折率が高められ、エネルギービーム 45 がマスクされた帯状リング領域 R_{m2} は当初の DLC 膜の屈折率を維持している。すなわち、図 3 に示されているような 2 レベルの回折型マイクロレンズが得られる。なお、エネルギービーム照射後の金マスクは、シアン系のエッチング液に室温で数分程度浸漬することによって溶解されて除去される。

【0056】

なお、図 4 の例では DLC 膜ごとにその上にマスク層が形成されるが、図 8 (a) に示されているような独立のマスクの開口部と遮蔽部とを逆にしたマスクを用いて DLC 膜にエネルギービーム照射してもよい。また、図 8 (b) に示されているような独立のマスクの開口部と遮蔽部とを逆にしたマスクを用いて DLC 膜にさらにエネルギービーム照射することによって、4 レベルの回折型マイクロレンズが形成され得ることが理解されよう。この場合に、DLC 膜にエネルギービーム照射して回折型マイクロレンズを形成する方法は、図 7 に図解されたレリーフ型マイクロレンズの作製方法にくらべて、顕著に簡略であることも理解されよう。

【0057】

さらに、図 2 (d) に示されているような刻印型の代わりに、図 7 (f) に示めされているような形状を有する刻印型を用いて DLC 膜上の金マスク層に刻印し、その刻印された金マスク層を介してエネルギービーム照射することによって、一回のエネルギービーム照射で多レベルの回折型マイクロレンズを作製することも可能である。

【0058】

さらにまた、回折型マイクロレンズに関する上述の実施形態では屈折型レンズの球面状凸レンズに対応する回折型マイクロレンズが説明されたが、本発明は屈折型レンズの柱面状凸レンズに対応する回折型マイクロレンズにも同様に適用し得ることが理解されよう。その場合には、屈折率変調された同心円状の複数の帯状リング領域の代わりに、屈折率変調された互いに平行な複数の帯状領域を形成すればよい。この場合、例えば図 3 (b) の断面図において、屈折率変調された互いに平行な複数の帯状領域は、その図の紙面に対して垂直に伸びていることになる。また、その場合において、図 4 (b) 中の金マスク 44 もその図の紙面に対して垂直に伸びていけばよい。

【産業上の利用可能性】

【0059】

上述のように、本発明によれば、機械的かつ熱的に安定で種々の光学分野で利用可能な平板型マイクロレンズを簡便かつ低コストで提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図 1】 本発明の実施形態における屈折型マイクロレンズアレイの作製方法を図解する模式的な断面図である。

【図 2】 図 1 の屈折型マイクロレンズアレイの作製方法において使用し得る刻印型の形成方法を図解する模式的断面図である。

【図 3】 (a) は本発明の他の実施形態による回折型マイクロレンズを図解する模式的な平面図であり、(b) はそれに対応する断面図である。

【図 4】 図 3 の回折型マイクロレンズの作製方法の一例を図解する模式的な断面図である。

【図 5】 (a) は従来の屈折型マイクロレンズアレイを示す模式的な一部破断斜視図であり、(b) はその機能を図解する模式的な断面図である。

【図6】図5の屈折型マイクロレンズアレイの作製方法を図解する模式的断面図である。

【図7】従来のレリーフ型の回折型マイクロレンズの作製方法を図解する模式的な断面図である。

【図8】図7のレリーフ型マイクロレンズの作製方法に使用されるマスクを示す模式的な平面図である。

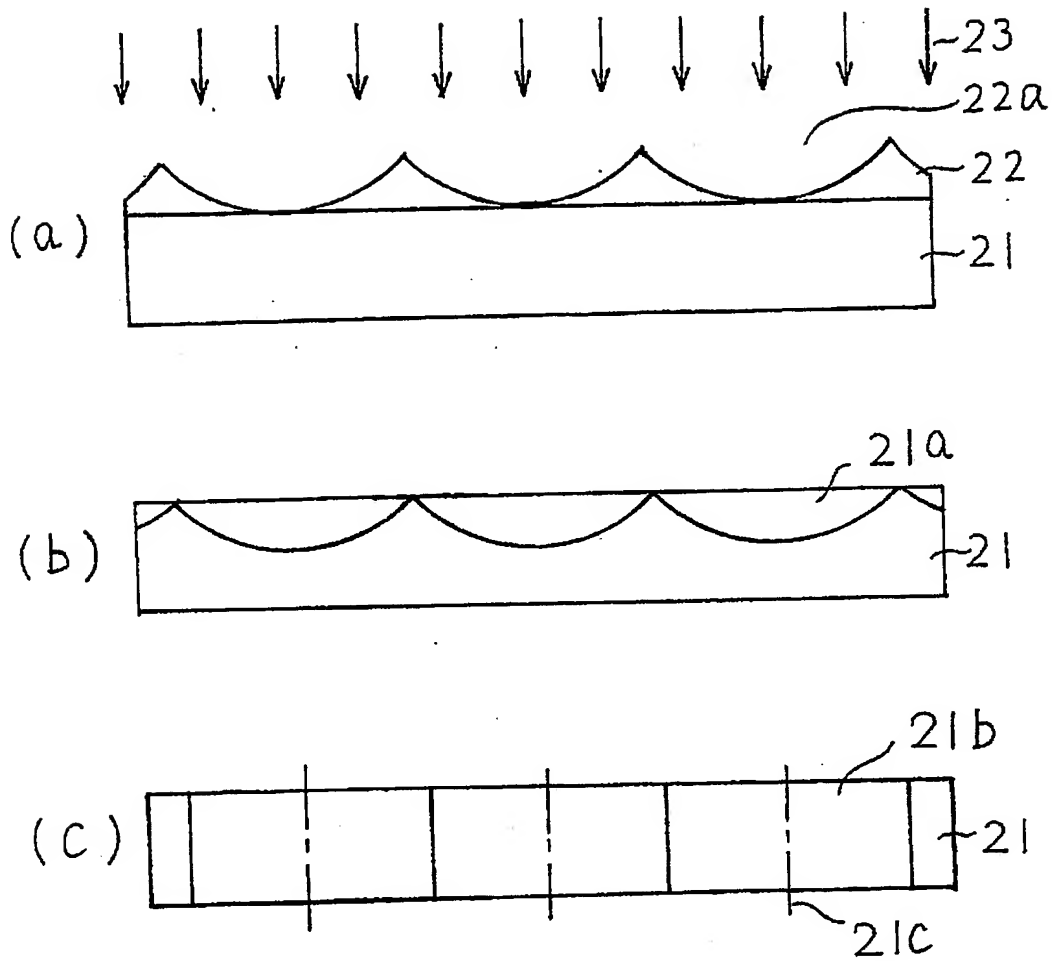
【符号の説明】

【0061】

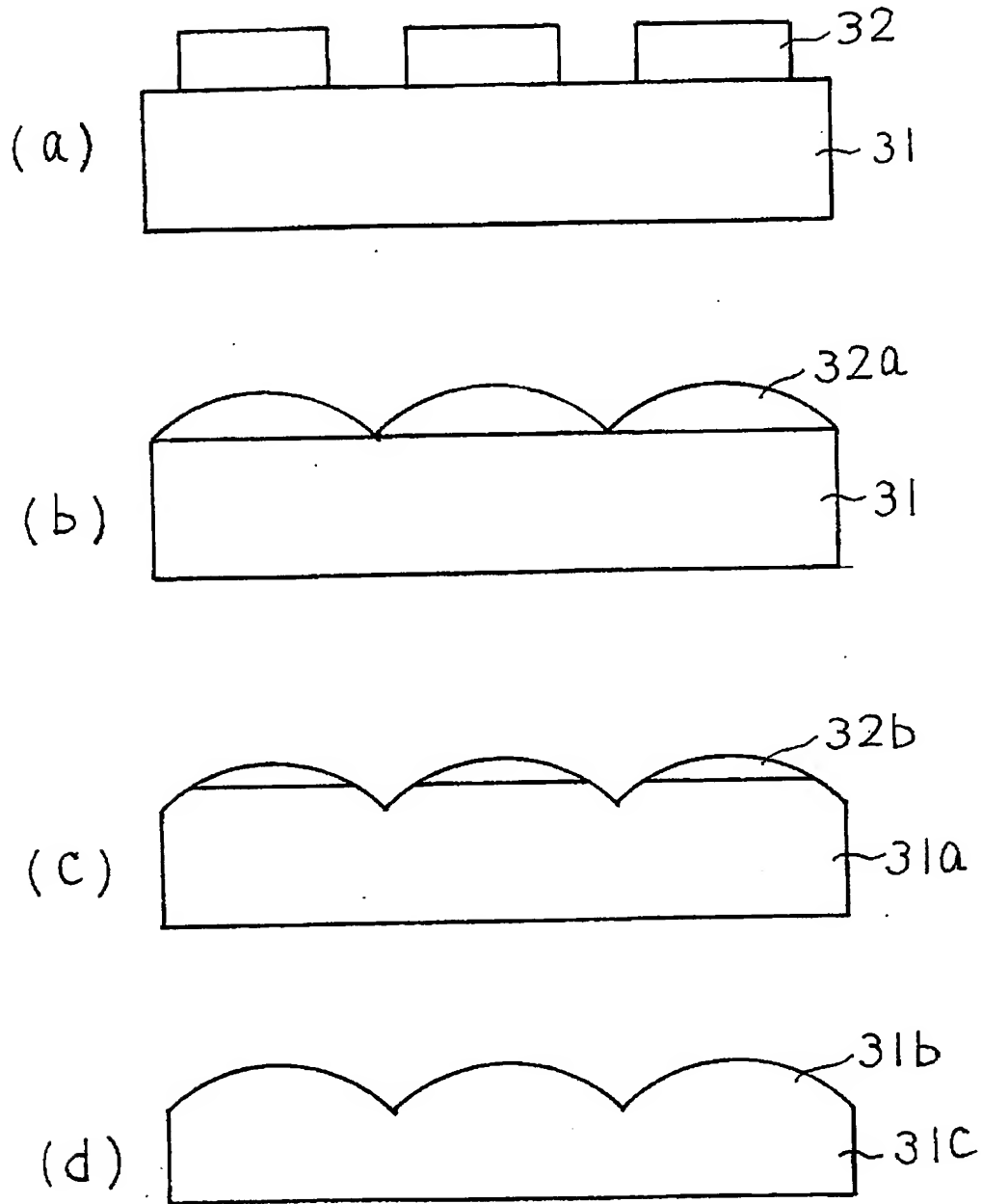
1 従来のマイクロレンズアレイ、1a ガラス基板、1b マイクロレンズ、2 光、F 焦点、3 レジスト層、3a 小孔、11 シリコン基板、12 第1レジスト層、13 第1マスク、14a 露光、14b RIE、11a 2レベルのレリーフ型マイクロレンズ、15 第2レジスト層、16 第2マスク、14c 露光、14d RIE、11b 2レベルのレリーフ型マイクロレンズ、21 DLC膜、21a 高屈折率領域、21b 屈折率変調領域、21c 中心軸（中心面）、22 マスク層、22a 凹部、23 エネルギービーム、31 シリカ基板、32 レジストパターン、32a 溶解されたレジスト、32b エッチングされつつあるレジスト、31a エッチングされつつあるシリカ基板、31b 凸部、31c 刻印型、40 屈折率変調型の回折型マイクロレンズ、41 DLC膜、Rmn 帯状リング領域、f 焦点距離、42 Ni導電層、43 レジストパターン、44 金マスク層、45 エネルギービーム、41a 高屈折率領域、41b 低屈折率領域。

【書類名】 図面

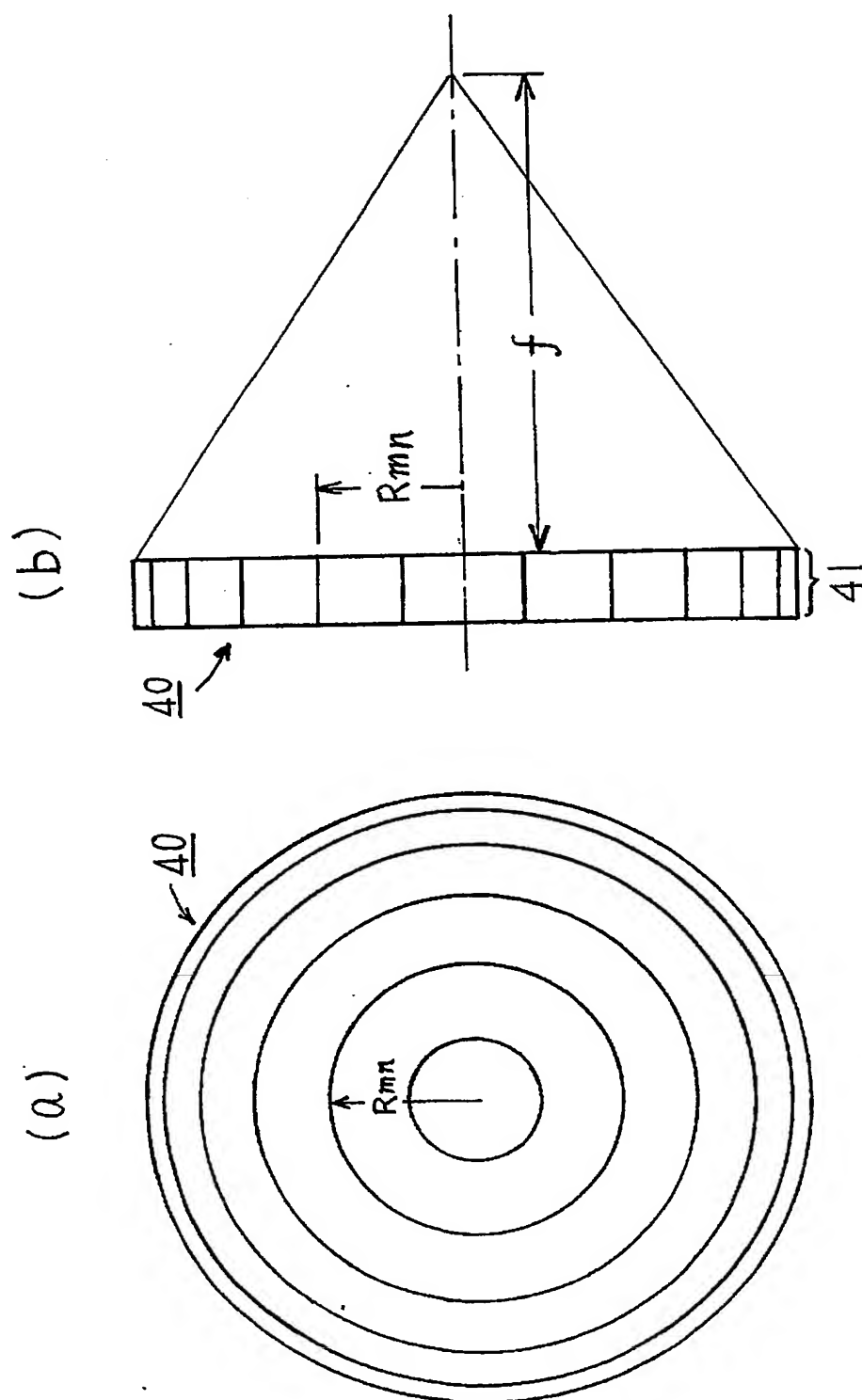
【図 1】



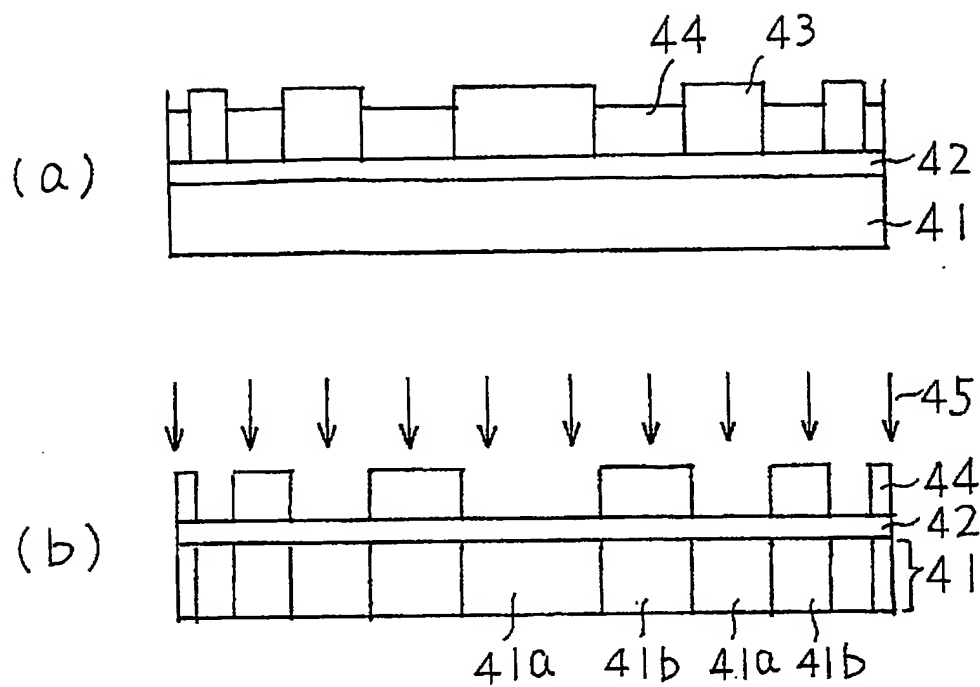
【図 2】



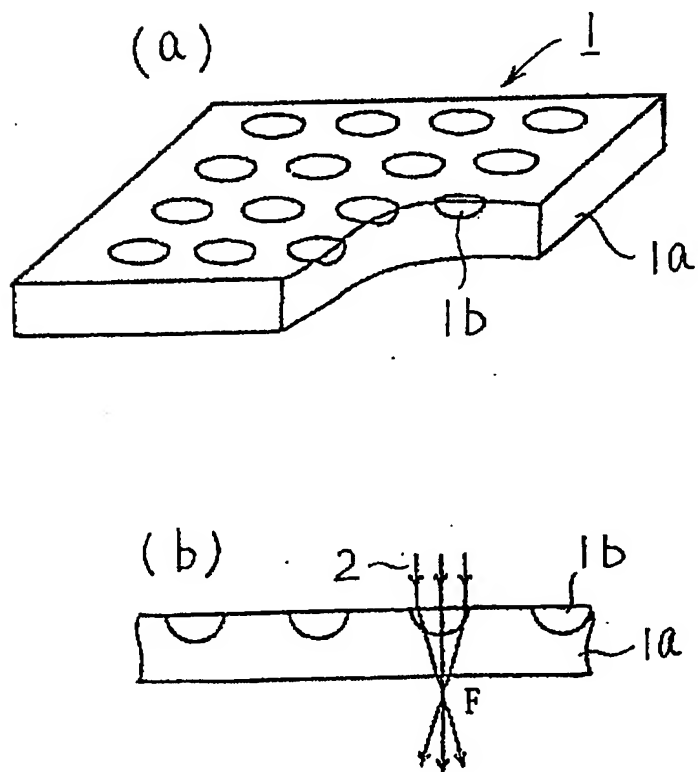
【図 3】



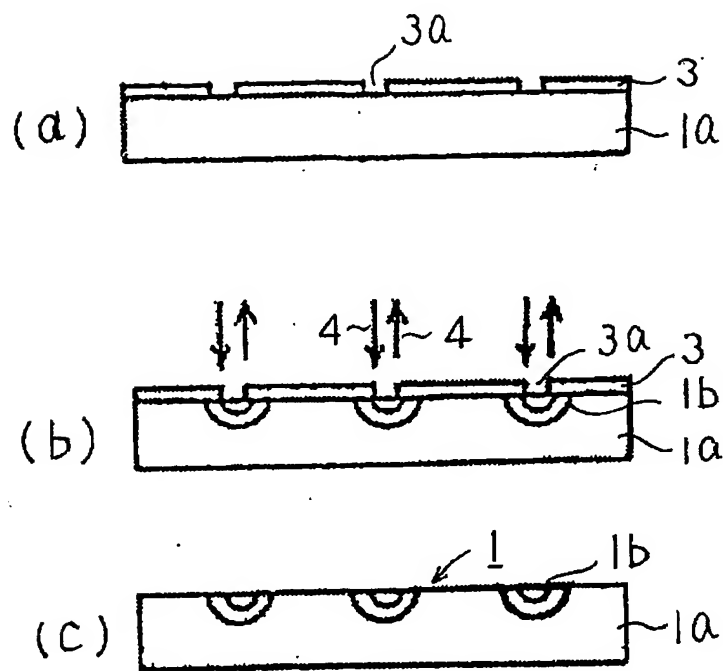
【図 4】



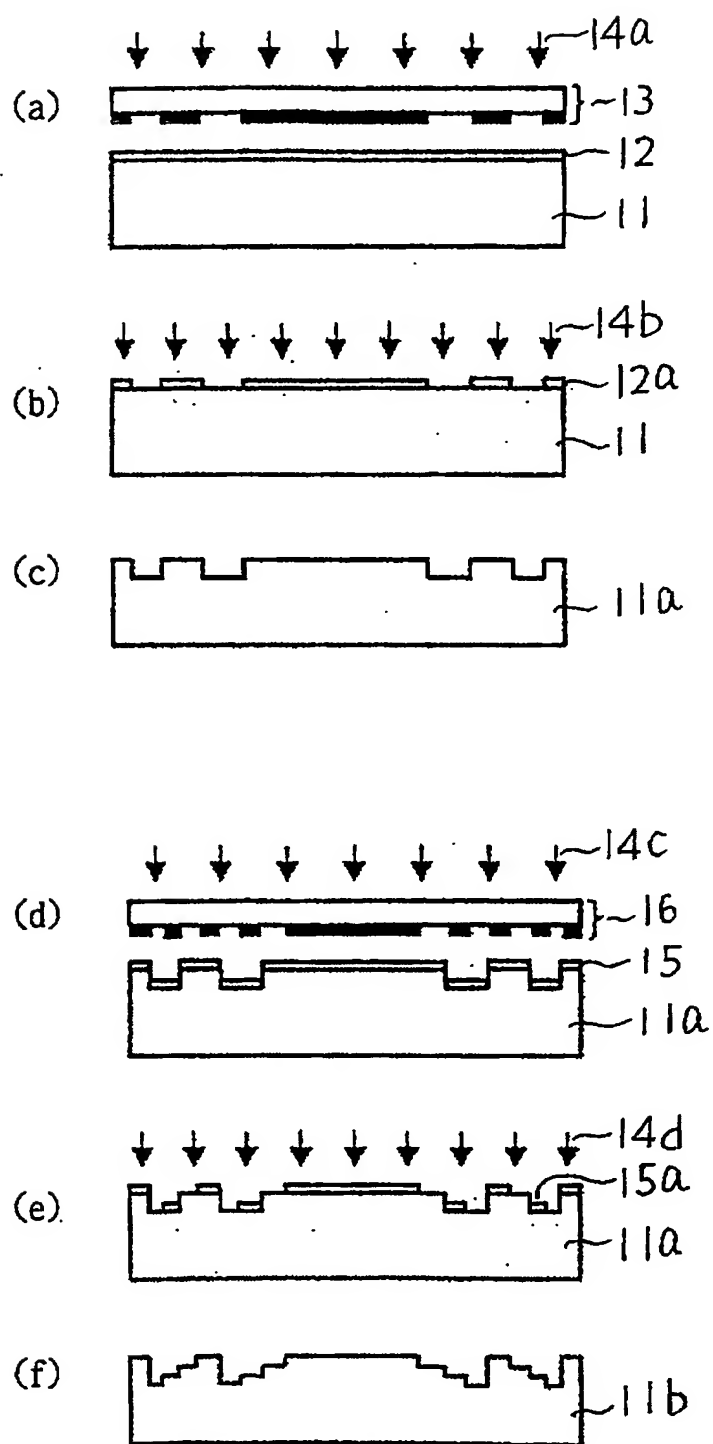
【図 5】



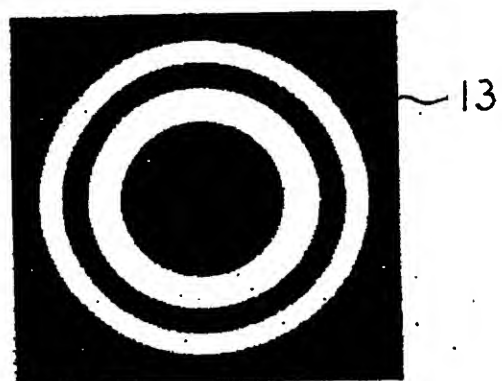
【図 6】



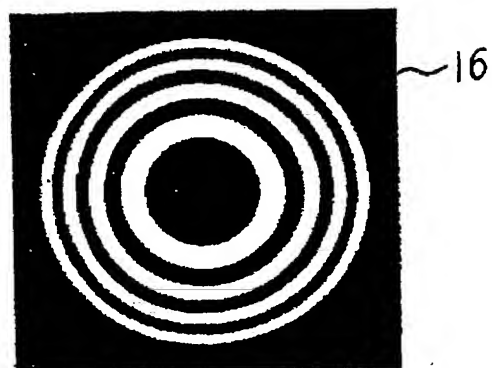
【図 7】



【図 8】



(a)



(b)

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 機械的かつ熱的に安定で種々の光学分野で利用可能な平板型マイクロレンズを簡便かつ低コストで提供する。

【解決手段】 マイクロレンズは、透光性 DLC 膜 (41) を用いて形成されており、その DLC 膜 (41) は屈折率が変調された領域 (Rmn) を含み、その屈折率が変調された領域を光束が通過するときに集光作用を生じることの特徴としている。

【選択図】 図 3

特願 2 0 0 4 - 2 6 4 1 9 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 1 3 0]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名

住友電気工業株式会社